



ENERGIA NUCLEAR: VANTAGENS E DESVANTAGENS

OLIVEIRA, Samuel Samir Barbosa¹; LIMA, Dominick Santos²; LIRA, Dilly Lima Cardoso³; RUZENE, Denise Santos⁴; SILVA, Daniel Pereira⁵; AMARAL, Genauro do Rego⁶.

¹Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, samucasamir@hotmail.com

²Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, dominick-19@hotmail.com

³Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, dilly.lima@hotmail.com

⁴Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe, ruzeneds@hotmail.com

⁵Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, silvadp@hotmail.com

⁶Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, gestevao@hotmail.com

Resumo: *A humanidade, da maneira como se desenvolveu, depende cada vez mais de energia para a sua subsistência. Até a era da revolução industrial, o consumo de energia no mundo aumentou de forma atenuada sendo que nos últimos 50 anos a demanda global de energia triplicou e poderá triplicar novamente nos próximos 30 anos. Deste modo, o uso de energia nuclear passou a ser considerado como um meio alternativo, suprimindo grande parte da necessidade da população.*

Palavras-chave: Crescimento populacional, Consumo de energia, Energia nuclear.

NUCLEAR ENERGY: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Abstract: *Humanity, of way it developed, is increasingly dependent on energy for their subsistence. Until the era of the industrial revolution, the energy consumption in the world increased from attenuated form and in the last 50 years, global energy demand has tripled and could triple again over the next 30 years. Thus, the use of nuclear energy has been considered as an alternative means, supplying a large part of the population needs.*

Keywords: Population growth, energy consumption, nuclear energy.

1. Introdução

A energia é considerada um dos principais constituintes da sociedade moderna, seja na forma mecânica, cinética, térmica, elétrica, química ou nuclear, ela está presente em toda a parte, viabilizando o crescimento tecnológico e influenciando diretamente a vida das pessoas (HINRICHS et al., 2010).

Devido ao grande aumento populacional nos últimos tempos, tem crescido cada vez mais a necessidade pela busca da melhoria da qualidade de vida, o que aumenta o consumo de recursos para sobrevivência e conforto humano (MILLER e SPOOLMAN, 2012). Principalmente no que diz respeito a energia elétrica, que quer seja pelo uso direto nas residências, ou indireto nas indústrias, tem cada vez mais aumentado seu consumo na tentativa de suprir as necessidades da população mundial (HINRICHS et al., 2010). Esse aumento desenfreado tem gerado sérias crises energéticas pelo mundo, impactando inclusive no empreendedorismo do setor energético, de modo que fica perceptível a necessidade de repensar os meios adotados para geração de energia, garantindo a produção de energia em proporções que supram a demanda futura de maneira responsável, ou seja, tenha menor impacto ambiental, seja segura e tenha um custo benefício aceitável (HINRICHS et al., 2010).

Assim, esse assunto tem se mostrado extremamente estratégico no contexto geopolítico global, pois o desenvolvimento de um país depende diretamente que sua infraestrutura energética seja capaz de atender a demanda de sua população e das suas atividades econômicas. Dentro desse contexto, a usina nuclear passou a ser considerado como um meio alternativo, suprimindo grande parte, se não todas, dessas características, apresentando vantagens e desvantagens, sociais ou econômicas, temas alvos do objetivo deste trabalho (CALIJURI e CUNHA, 2013).

2. Usina nuclear

A tecnologia nuclear foi empregada pela primeira vez durante a II Guerra Mundial e, assim como outras tecnologias utilizadas na guerra, recebeu um uso após o seu término. Dessa forma, deu origem ao uso da geração termonuclear, com o surgimento das primeiras usinas núcleo-elétricas na década de 1950 (MARCIAL, 2006; HINRICHS et al., 2010).

Como definição, a energia elétrica gerada pelas usinas termonucleares é originada através da aplicação do átomo de urânio (referencia). Conforme descrito pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (ANEEL, 2011), o núcleo do átomo passa por um processo de divisão para que possa ser gerada a energia, sendo assim gerado calor que por aquecimento da

água existente no interior dos reatores das usinas termonucleares produzido vapor que movimentava turbinas gerando energia elétrica. Deste modo, quando em sistema de reator a água pressurizada, uma usina nuclear possui basicamente: o elemento combustível, barras de controle, vaso de pressão, pressurizador, gerador de vapor, gerador elétrico, condensador, vaso de contenção, bombas e o edifício do reator (HINRICHS et al., 2010)

Assim, um reator nuclear é um equipamento onde se processa uma reação de fissão nuclear em cadeia, enquanto uma usina nuclear é uma instalação Industrial empregada para produzir eletricidade a partir da energia gerada pelo reator, uma central nuclear pode abrigar um ou mais reatores (HINRICHS et al., 2010; CALIJURI e CUNHA, 2013).

No processo para obtenção do elemento combustível o urânio passa por um complexo processo de processamento para chegar a usina termonuclear. Segundo a ANEEL, o processo pode ser dividido em três principais etapas: i. mineração e beneficiamento, com extração do minério da natureza e envio deste para uma unidade de beneficiamento para ser purificado e concentrado, dando origem a uma espécie de sal de cor amarela, conhecido como yellow cake (U_3O_8); ii. etapa de conversão, onde o yellow cake é dissolvido, purificado e convertido para o estado gasoso (gás UF_6); e iii. fase de enriquecimento, caracterizado pelo aumento da concentração de átomos de urânio 235 (em geral de 0,7% para aproximadamente 4%).

O átomo de urânio utilizado na geração nuclear tem como matéria prima o minério urânio. As reservas desse minério estão distribuídas em 14 países, dos quais a Austrália, Cazaquistão e Canadá se destacam juntos correspondem a 50% do volume total. O Brasil ocupa o sétimo lugar no ranking com 6% do volume total mundial, sendo que apenas 25% do território brasileiro teve foco na busca do minério (ANNEEL, 2011).

3. Usina nuclear no Brasil

Durante muito tempo o sistema elétrico brasileiro foi baseado essencialmente nas grandes fontes hídricas que o país possui, dado a sua característica largamente voltada para hidrelétricas e importante vantagem competitiva em relação ao resto do mundo. Porém o sistema depende exclusivamente de quando e onde as chuvas ocorrem no país, o que pode ser um problema com a atual mudança climática que o globo vêm sofrendo (HINRICHS et al., 2010).

Nesse contexto outras formas para captação de energias vêm crescendo no país, onde a energia nuclear vem ganhando destaque e pode contribuir consideravelmente para diminuição da dependência das hidrelétricas.

O Brasil, dispõe em seu território uma das maiores reservas mundiais de urânio, cuja a utilização industrial no país é exclusiva para a geração de energia elétrica. Segundo a Eletrobrás (2015), atualmente, a geração de energia elétrica brasileira através de usinas nucleares depende exclusivamente das usinas Angra 1 e Angra 2, cujo total de geração em 2014 foi de 15.434.507,1 MWh, o que equivale a a 2,87% da geração de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional.

Atualmente está em fase de construção a usina Angra 3, aumentando assim a capacidade de geração de energia do país. Com as três usinas em operação, o Brasil terá um potencial de geração total de aproximadamente 29.700.000 MWh por ano, sendo capaz de atender a cerca de 60% da demanda energética do estado do Rio de Janeiro.

Segundo dados do ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico), a energia nuclear foi a quinta maior fonte de geração elétrica do país.

3.1. Vantagens

Como meio de otimizar o sistema gerador de energia nuclear, devido ao seu alto nível potencial e levando em consideração o diferente consumo em determinados horários (horário de pico), é levantada a hipótese de uma integração entre usina nuclear e possíveis soluções de armazenamento de energia térmica, dessa forma seria armazenada energia em horários de pouco consumo e liberada em horário de pico, mantendo uma uniformidade na produção (EDWARDS et al., 2016)

Entretanto, mesmo seu funcionamento sendo equiparado como de um termo elétrica, a usina nuclear praticamente não lança resíduos no ar, chegando a ser considerada por alguns estudiosos uma fonte limpa de geração de energia. Segundo a Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ano), além de liberar um nível baixo de (CO₂) na atmosfera, seu crescimento é justificado pelas abundantes reservas de urânio existentes em todo o planeta, assegurando sua matéria prima por longos anos, o mesmo ocorrendo com as reservas no Brasil.

Além disso, não seria necessária desapropriação de grandes áreas para sua instalação ou a devastação da fauna e flora provocando um desequilíbrio para o biossistema, como acontece com hidrelétricas. Carvalho (2012) estima que 18000 km² serão alagados para funcionamento dos reservatórios amazônicos.

Em relação ao custo de produção, este é mínimo quando comparado as termoeletricas que necessitam de biomassa ou combustíveis fósseis em seu processo. A usina nuclear é uma

geradora de resíduos tóxicos, porém que são contidos e controlados, sendo a única indústria de geração de energia elétrica a fazer inventário de seus resíduos, obtendo assim um fator de sustentabilidade (MARCIAL, 2006).

3.2. Segurança

Segundo ALIYU et al. (2015), em situações normais de funcionamento os níveis de poluentes gerados durante o funcionamento da usina devem estar abaixo dos níveis aceitáveis, de forma a não gerar danos à saúde ou a degradar o meio ambiente. Para Wheatley, et al. (2016), através de uma análise histórica de acidentes podemos notar que a partir de 1952 houve uma diminuição considerável da taxa de acidentes nucleares com civis e uma aparente estabilidade de 0,003 de eventos por planta por ano a partir de 1970.

É notável que para um colaborador exposto a um alto nível de estresse é necessário um apoio para tomadas de decisão, devido ao auto desgaste físico e emocional, principalmente quando esse estresse é provocado por um acidente em uma situação de total desconforto, partindo disso, Saghafi e Ghofrani (2016) fizeram um estudo que demonstra a evolução da ferramenta de apoio à gestão de acidentes (A.M.S.Ts) que deve ser usado junto com o (SAMG), como um apoio na tomada de decisões. Demonstrando como pode se aprender com erros passados de maneira a fazer com que eles não se reproduzam.

Um dos maiores problemas da energia é a geração de resíduos tóxicos e como descartá-los, então dentre algumas outras a Atlas Energia Elétrica do Brasil (ANO) cita um projeto inédito da Eletronuclear, que seria um armazenamento em capsulas de aço que garante a segurança desses dejetos por cerca de 500 anos. Que rendeu a mesma a licença ambiental para retomada da obra de Angra III.

3.3. Pontos negativos

Entre os fatores de desvantagens, cabe salientar que devido a exposição a situações de auto estresse, a aplicação de sistemas como AMSTs, devem levar em conta a fadiga do funcionário, de modo que o baixo investimento pode aumentar a necessidade de mais esforço humano, deixando seu poder de decisão menos preciso devido a junção de sobre carga de trabalho com um alto nível de estresse em uma situação anormal (SAGHAFI e GHOFRANI, 2016).

Para quem está exposto ao risco gerado por essa indústria também existem implicações apesar dos esforços e investimentos, Reinerman-Jones et al. (2016) dizem que existe uma certa imprecisão no que diz respeito a análise dos efeitos da exposição dos trabalhadores por tempo

de trabalho, sendo que com um estudo mais detalhado, teria como otimizar o tempo trabalhado sem prejuízo por perdas de potencial cognitivas de potencial de trabalho.

Tendo em vista que a geração de resíduos radioativos é o maior problema desse setor, a geração de resíduos produzidos por um reator em um ano chega em torno de 30 toneladas, o que pode gerar ainda mais dificuldades futuras com relação ao seu descarte, sabendo que hoje já existem em torno de 440 usinas pelo mundo produzindo apenas 13 % da energia global, sabendo que esses resíduos podem gerar radiação por pelo menos 100 mil anos, além dos sérios risco de vazamento e exposição desses resíduos (HINRICHS et al., 2010).

Um grande demonstrativo dos altos custos de manutenção das usinas nucleares, está ocorrendo com a França, que tem parte de suas usinas chegando ao seu fim de vida útil, tem uma expectativa de gastar 1 trilhão de euros na construção de 40 novas usinas para substituir as antigas, porém como não teriam viabilidade econômica para tal realização pretendem influenciar países mais vulneráveis para investir em um meio de ratear custos, isso segundo, Carvalho (2012) que acredita ainda que as indústrias da energia nuclear e governos, criam eventos e discursões em prol da defesa das usinas, criando visibilidade apenas em dados positivos, dados os quais acreditasse que não sejam cem por cento confiáveis, já que o Carvalho, Joaquim, cita a ex-ministra do meio ambiente da França, Corinne Lepage, que as usinas receberam auxílios do governo para seu funcionamento e as divulgações que dizem respeito a este assunto, são mascaradas ou meias-verdades.

Para Wheatley, S. et al. (2016), as possibilidades de graves e frequentes acidentes são altas, e ele faz uma perspectiva que um acidente com prejuízos de 20 milhões de dólares, teria cerca de 10% de chances de chegar alcançar um nível de catástrofe com potencial de danos de um bilhão de dólares.

4. Conclusões

Contudo que foi discutido nesse trabalho podemos concluir que a opção por utilizar usina elétrica deve ser baseada em estudos de viabilidade e de potencial de meios alternativos ou sustentáveis de geração de energia. Percebemos que os estudos a respeito de viabilidade, custo-benefício e consequências de seu funcionamento, precisam ser aprofundados a partir de dados mais precisos e maior colaboração dos envolvidos, sejam por autoridades ou organizações, possibilitando que a Engenharia de Produção esteja entre as ciências que de controle dos serviços e processos de empreendimentos deste setor.

Referências Bibliográficas

- ALIYU, A. SADIQ. RAMLI, A. TERMIZI. SALEH, MUNEER AZIZ. **Assessment of potential human health than environmental impacts of a nuclear power plant (NPP) based on atmospheric dispersion modeling.** Atmosfera , 28(1), 13-26, 2015.
- ANEEL. **Energia Nuclear.** Rio de Janeiro, 2011. (Apostila). Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf. Acesso em 24/08/2016.
- ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, **Fontes não-renováveis. Parte III**, 8 Energia Nuclear, 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>
- CALIJURI, M.C.; CUNHA, D.G.F. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão.** Elsevier Editora Ltda, 2013.
- CARVALHO, JOAQUIM FRANCISCO DE; **O Espaço da Energia Nuclear no Brasil**; 26 (74), 2012.
- CNEN. **A História da Energia Nuclear.** Rio de Janeiro, 2006. <http://www.cnem.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/historia-da-energia-nuclear.pdf>
- EDWARDS, JACOB; BINDRA, HITESH; SABHARWALL, PIYUSH; **Exergy Analysis of Thermal Energy Storage Options With Nuclear Power Plants**; Annals of Nuclear Energy 96, 104–111, 2016.
- ELETRONUCLEAR. **Energia Nuclear no Brasil.** Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/Saibamais/Perguntasfrequentes/EnergiaNuclearnoBrasil.asp>. Acesso em 07/08/2016.
- HINRICH, R.A.; KLEINBACH, M.; REIS, L.B. **Energia e meio ambiente.** Tradução da 4ª edição norte-americana. Cengage Learning, 2010.
- MARCIAL, P.S.G.. **Energia Nuclear Como Opção Energética.** 2006. Tese (Mestrado em Engenharia Nuclear) – Instituto Militar de Engenharia.
- MILLER, G.T.; SPOOLMAN, S.E. **Ecologia Sustentabilidade.** Tradução da 6ª edição norte-americana. Cengage Learning, 2012.
- MYERS, Desaix B. Octavio Mendes Cajado, *O debate sobre energia nuclear, São Paulo, SP: Cultrix*, 1983
- REINERMAN-JONES, LAUREN; MATTHEWS, GERALD; JOSEPH E. MERCADO; **Detection Tasks In Nuclear Power Plant Operation: Vigilance Decrement And Physiological Work load Monitoring**; Safety Science 88 (2016) 97–107.
- SAGHAFI, Mahdi. GHOFRANI, Mohammad B. **Accident management support tools in nuclear power plants: A post-Fukushima review.** 92, 1e14, Progress in Nuclear Energy, 2016.
- ZHOU, Z; FIORI, F. **Sustainability of the Chinese nuclear expansion: Natural uranium resources availability, Pucycle, fuel utilization efficiency and spent fuel management.** Annals of Nuclear Energy 83, 246–257, 2015.